

W01P8172



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Off nl gungsschrift  
⑩ DE 40 20 986 A 1

⑤ Int. Cl. 5:  
F 02 P 5/145  
F 02 P 3/04

34

⑳ Aktenzeichen: P 40 20 986.5  
㉔ Anmeldetag: 2. 7. 90  
㉕ Offenlegungstag: 16. 1. 92

DE 40 20 986 A 1

㉚ Anmelder:  
Telefunken electronic GmbH, 7100 Heilbronn, DE

㉛ Erfinder:  
Niemetz, Linhard, 8540 Rednitzhembach, DE

㉞ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE	39 25 221 A1
DE	39 24 130 A1
DE	39 07 616 A1
DE	36 29 824 A1
DE	27 59 155 A1
DE	27 59 153 A1
DE-OS	24 16 115
DE-OS	21 41 178
US	49 18 389
US	44 54 560

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉟ Elektronisches Zündsystem

㊱ Beschrieben wird ein elektronisches Zündsystem, das ein Steuergerät zur Vorgabe der Zündzeitpunkte der einzelnen Zylinder, eine Zündspule und eine Endstufe mit Schalttransistoren zur Ansteuerung der Zündspule aufweist. Gemäß der Erfindung enthält die Endstufe eine Auswerteschaltung, die den zeitlichen Verlauf der Spannung auf der Primärseite der Zündspule erfaßt. In Abhängigkeit dieses Spannungsverlaufs wird ein Signal am Ausgang der Auswerteschaltung ausgegeben und mit diesem Signal die Brenndauer des Zündsystems bestimmt.

DE 40 20 986 A 1

Die Erfindung betrifft ein elektronisches Zündsystem gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

In elektronischen Zündsystemen werden über einen Geber und ein Steuergerät mittels Schalttransistoren Zündspulen angesteuert, die die Zündspannung bzw. den Zündstrom erzeugen. Ältere Zündsysteme mit Einfachzündung verwenden einen Verteiler, um die Zündspannung mechanisch auf die einzelnen Zylinder zu verteilen. Bei modernen Zündsystemen werden abhängig von der Zylinderzahl Mehrfachzündspulen eingesetzt, beispielsweise Doppelfunkenspulen für jeweils zwei Zylinder, wobei die Zylinder — ohne mechanischen Verteiler — direkt angesteuert werden.

Oftmals ist es erforderlich und wünschenswert, die Zündvorgänge bzw. den Zündverlauf im Kraftfahrzeug während des Betriebs zu überwachen oder zu analysieren. Beispielsweise müssen fehlerhafte oder fehlende Zündungen erkannt werden, die beispielsweise bei Defekten im Zündsystem — beispielsweise das Ablösen von Kerzensteckern oder schadhafte Endstufen oder Spulenzweige — auftreten können. Diese Mängel führen zu einer Beeinträchtigung des Fahrverhaltens bzw. zu kostspieligen Folgeschäden; beispielsweise kann bei Fahrzeugen mit Katalysator infolge eines fehlerhaften Zündungssystems unverbrannter Treibstoff in die Auspuffanlage gelangen und dort zu einer starken Aufheizung und zur Zerstörung des Katalysators führen.

Es ist daher wichtig, daß Fehler im Zündsystem rechtzeitig festgestellt, gemeldet bzw. angezeigt werden, um gegebenenfalls geeignete Maßnahmen einleiten zu können. Des weiteren ist es für eine optimale Einstellung der Zündung oft erforderlich, mittels einer Regelung in den Zündvorgang einzugreifen.

Die Brenndauer oder Brennzeit der Zündkerzen — während dieser Zeit wird ein Lichtbogen zwischen den Zündkerzenelektroden aufrechterhalten — kann aufschlußreiche Informationen über charakteristische Eigenschaften des Zündsystems, beispielsweise über den Zündverlauf liefern.

Es ist bekannt, Zündvorgänge bzw. Verbrennungsvorgänge, beispielsweise die Zündkerzen-Brenndauer, anhand des Hochspannungsverlaufs auf der Sekundärseite der Zündspule zu überwachen. Diese Methoden sind aber wegen der sekundärseitig auftretenden Hochspannung von beispielsweise 30 kV sehr aufwendig und mit hohen Kosten verbunden und daher zur Routineüberwachung des Zündsystems nicht im Rahmen einer Großserie einsetzbar.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein elektronisches Zündsystem anzugeben, das eine Bestimmung und Kontrolle der Brenndauer ermöglicht und das kostengünstig und in großen Stückzahlen hergestellt werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale im Kennzeichen des Anspruchs 1 gelöst.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß die an der Sekundärseite der Zündspule entstehende Brennspannung bzw. der dort auftretende Brennstrom aufgrund der Transformations-Eigenschaften der Zündspule auf die Primärseite übertragen wird und sich dort der Betriebsspannung bzw. Batteriespannung überlagert. Der zeitliche Verlauf der Brennspannung kann somit dadurch ermittelt werden, daß der durch die Addition der beiden Spannungen entstehende Spannungs-

verlauf auf der Primärseite der Zündspule mittels einer Auswerteschaltung erfaßt und analysiert wird.

In der Auswerteschaltung wird dazu die Kollektorspannung am Zündtransistor bzw. Schalttransistor — dies ist die Spannung an der Klemme 1 auf der Primärseite der Zündspule — mit einer Komparatorspannung verglichen und in Abhängigkeit dieses Vergleichs ein entsprechendes Ausgangssignal abgegeben. Die Komparatorspannung ist jedoch keine feste Schwellspannung, sondern hängt von der Betriebsspannung des Fahrzeugs ab, die beispielsweise zwischen 6 und 16 V schwanken kann. Die Brenndauer kann also — in Abhängigkeit der jeweiligen Betriebsbedingungen des Fahrzeugs — anhand des charakteristischen Signalverlaufs am Schaltungsausgang bestimmt und mit einem Sollwert verglichen werden. Beispielsweise wird bei einem Defekt im Zündsystem oder bei unkorrekter Zündung keine Induktionsspannung auf der Primärseite der Zündspule induziert und demnach das Ausgangssignal der Auswerteschaltung einen anderen zeitlichen Verlauf als bei einer korrekten Zündung aufweisen.

Beim erfindungsgemäßen Zündsystem ist demnach die Brenndauerbestimmung und damit eine Analyse des Zündvorgangs bei einer großen Funktionsbandbreite des Fahrzeugs möglich. Beispielsweise kann festgestellt werden, ob das Zündsystem in Ordnung oder fehlerhaft ist; im Bedarfsfall können aufgrund von Rückmeldungen geeignete Maßnahmen eingeleitet werden.

Des weiteren kann mit Kenntnis der Brenndauer eine Zündenergieregulierung aufgebaut werden — beispielsweise mittels einer Regelung des Zündspulenstroms — und somit in den Verbrennungsvorgang eingegriffen werden — beispielsweise zur Optimierung der Zündkerzenlebensdauer.

Die Erfindung soll nachstehend anhand der Fig. 1 bis 4 näher beschrieben werden.

Dabei zeigen:

Fig. 1 das Prinzipschaltbild eines elektronischen Zündsystems mit zwei Doppelfunkenspulen für vier Zylinder,

Fig. 2 ein Detailschaltbild der Schaltungskomponenten der Auswerteschaltung mit 2 Ausführungsbeispielen in Fig. 2a und Fig. 2b;

Fig. 3 die zeitlichen Spannungsverläufe bei einer korrekten Zündung,

Fig. 4 die zeitlichen Spannungsverläufe bei einer fehlerhaften Zündung.

In der Fig. 1 ist das schematische Blockschaltbild eines elektronischen Zündsystems für ein Kraftfahrzeug mit 4 Zylindern dargestellt, wobei zwei Doppelfunkenspulen jeweils für zwei Zylinder eingesetzt werden.

Das Steuergerät steuert den zeitlichen Verlauf der Zündung bzw. der Zündzeitpunkte  $t_{z1}$  bis  $t_{z4}$  für die Zylinder 1 bis 4 durch Vorgabe der Schaltflanken für die Endstufentransistoren  $T_1$  und  $T_2$  und analysiert das Signal am Ausgang A der Auswerteschaltung bzw. die Ausgangsspannung  $U_3$ .

Die Endstufe beinhaltet die Endstufentransistoren  $T_1$  und  $T_2$  zur Ansteuerung der Zündspulen und erfaßt mittels einer Auswerteschaltung die auf der Primärseite der Zündspulen auftretenden Spannungen.

Die Doppelfunken-Zündspulen  $Sp1$  und  $Sp2$  werden jeweils von den Transistoren  $T_1$  bzw.  $T_2$  geschaltet; auf der Sekundärseite sind der Spule  $Sp1$  die Zylinder 1 und 4 und der Spule  $Sp2$  die Zylinder 2 und 3 zugeordnet. Auf der Primärseite sind die Zündspulen über die Klemme 15 an die Betriebsspannung  $UB$  angeschlossen, an den Klemmen 1 liegt jeweils die Kollektorspannung  $U_1$

der beiden Zündtransistoren  $T_1$  und  $T_2$  an.

Durch die im Steuergerät erzeugten Schaltflanken wird jeweils ein Schalttransistor  $T_1$  bzw.  $T_2$  abgeschaltet, wodurch der Stromfluß durch die mit diesem Transistor verbundene Spule  $Sp1$  bzw.  $Sp2$  unterbrochen und eine Induktionsspannung auf der Primärseite der Zündspule induziert wird. Dieser Spannungsanstieg auf der Primärseite der Zündspule — die sogenannte Rückschlagspannung, die beispielsweise 380 bis 400 V beträgt — wird durch Induktion auf die Sekundärseite übertragen. Ist dort die Induktionsspannung auf einen bestimmten Wert, beispielsweise auf 20 kV, angestiegen, erfolgt durch einen Funkenüberschlag zwischen den Zündkerzenelektroden die Zündung; infolgedessen fällt die Spannung auf der Sekundärseite von 20 kV auf ca. 400 V ab; dies ist die sogenannte Brennschlagspannung. Der Lichtbogen zwischen den Zündkerzenelektroden bzw. die Brennschlagspannung steht so lange an, bis die in der Zündspule gespeicherte Energie verbraucht ist. Auf der Primärseite geht die Rückschlagspannung nach der Zündung von ihrem Maximalwert (380–400 V) auf die Betriebsspannung, beispielsweise 10 V, zurück.

Der Signalverlauf der Spannung auf der Primärseite — der Verlauf der Kollektorspannung  $U_1$  der Schalttransistoren  $T_1$ ,  $T_2$  bzw. der Spannung an den Klemmen 1 — wird von der Auswerteschaltung erfaßt. Dazu wird die Kollektorspannung  $U_1$  der Transistoren  $T_1$ ,  $T_2$  über einen Spannungsteiler (Teiler 1 bzw. Teiler 2) auf ein Filter und von dort auf den Eingang  $E_1$  eines Komparators gegeben; am anderen Eingang  $E_2$  des Komparators liegt eine Spannung an, die über einen Teiler (UB-Teiler) von der Betriebsspannung (UB) abgeleitet wird.

Die Teiler 1 und 2 sind wegen der hohen Werte der Rückschlagspannung (ca. 400 V) erforderlich; das Filter wird eingesetzt, damit der Komparator auf den anfänglichen Schwingungsverlauf der Kollektorspannung  $U_1$  nach dem Zündzeitpunkt  $t_z$  (vergleiche die Kurven von  $U_1$  in den Fig. 3 und 4) nicht reagiert. Durch den UB-Teiler wird die Schaltschwelle des Komparators direkt in Abhängigkeit der Betriebsspannung variiert, da diese je nach Betriebszustand des Fahrzeugs — beispielsweise zwischen 6 und 16 V — schwanken kann.

Ist die Spannung am Eingang  $E_1$  des Komparators, die von der Kollektorspannung  $U_1$  abhängt, größer als die Spannung am Eingang  $E_2$ , die von der jeweiligen Betriebsspannung abhängt, hat sich — wie in Fig. 3 dargestellt — an der Klemme 1 während der Brenndauer der Betriebsspannung UB die Induktionsspannung U überlagert. Das Ausgangssignal des Komparators bzw. die Ausgangsspannung  $U_3$  gibt also Aufschluß über die Brennzeiten  $t_{B1}$ – $t_{B4}$  der Zylinder 1–4 und ist ein charakteristisches Maß für den Zündungsverlauf.

In der Fig. 2 ist das Detailschaltbild der Auswerteschaltung dargestellt, wobei in den Fig. 2a und 2b zwei unterschiedliche Versionen zur Realisierung des Spannungsteilers dargestellt sind.

Gemäß der Fig. 2a ist für beide Zündspulen jeweils ein Spannungsteiler an den Kollektor der Schalttransistoren angeschlossen. Durch entsprechende Wahl der Widerstände  $R_1$  und  $R_2$  bzw.  $R_3$  und  $R_4$  der Teiler 1 bzw. Teiler 2 wird die Kollektorspannung  $U_1$  in einem bestimmten Verhältnis — beispielsweise im Verhältnis 4 : 1 — geteilt; die beiden Teiler 1 und 2 werden über die Dioden  $D_1$  und  $D_2$  zusammengeführt. In der Fig. 2b ist für beide Zündspulen nur ein einziger gemeinsamer Spannungsteiler vorgesehen, der die an den Dioden  $D_1$  und  $D_2$  anliegende Kollektor-Spannung in einem — durch die Wahl der Widerstände  $R_1'$  bzw.  $R_2'$  vorgege-

benen — bestimmten Verhältnis teilt. Der UB-Teiler mit den Widerständen  $R_5$  und  $R_6$  teilt die Betriebsspannung UB in einen bestimmten Wert, beispielsweise im Verhältnis 3 : 1.

Die Teilverhältnisse der Widerstandsteiler werden dabei so gewählt, daß einerseits die Dioden und der Komparator nicht durch zu hohe Spannungen überlastet werden, andererseits aber eine gute Auflösung der Auswerteschaltung erzielt werden kann.

Das Filter ist beispielsweise ein R<-Filter mit dem Widerstand  $R_7$  und dem Kondensator  $C_1$  sowie den beiden Dioden  $D_3$  und  $D_4$ , die zum Abblocken von hohen Spannungen dienen und somit den Komparator-Eingang schützen.

Die Spannung am Ausgang A des Komparators bildet die Eingangsspannung  $U_3$  des Steuergeräts.

Fakultativ kann ein Tiefpaß (Kondensator  $C_2$  und Widerstand  $R_8$ ) vorgesehen werden, der als Schutzvorrichtung zum Abfangen von externen Störungen dient. Zum gleichen Zweck dienen die Bauelemente  $C_3$ ,  $Z_1$ ,  $R_9$  und  $D_5$ , die zum Abblocken von Störungen auf der Betriebsspannungs-Verbindungsleitung eingesetzt werden können.

Die gesamte Auswerteschaltung — einschließlich des Steuergeräts, das beispielsweise ein Mikroprozessor sein kann — kann in einem integrierten Schaltkreis (IC) integriert werden.

Anhand der Fig. 3 und 4 wird erläutert, wie durch den zeitlichen Verlauf der Spannung am Ausgang der Auswerteschaltung bzw. der Eingangsspannung des Steuergeräts die Brennzeiten  $t_{B1}$  abgeleitet und damit Rückschlüsse auf den Verbrennungsvorgang bzw. den Zündvorgang gezogen werden können.

Die Kurve  $U_1$  gibt dabei den zeitlichen Verlauf der Kollektorspannung der Schalttransistoren  $T_1$  und  $T_2$  bzw. der Spannung an der Klemme 1 an; die Kurve  $U_2$  zeigt die an der Zündspule  $Sp1$  ( $Sp2$ ) auftretende Sekundärspannung, die Kurve  $U_3$  stellt das Signal am Ausgang der Auswerteschaltung dar; die einzelnen Kurven  $U_1$  bis  $U_3$  wurden zur Verdeutlichung mit einem unterschiedlichen Maßstab der Spannungs-Ordinate gezeichnet.

Gemäß der Fig. 3 fällt die Kollektorspannung  $U_1$  der Schalttransistoren nach erfolgter Zündung (Zeitpunkt  $t_z$ ) nach einer Einschwingphase während der Brenndauer bzw. Brenndauer  $t_{B1}$  langsam ab; da die Klemme 15 der Zündspulen an die Betriebsspannung UB, beispielsweise die Batteriespannung, angeschlossen ist, nimmt das Potential der Klemme 1 nach Ende der Brenndauer  $t_{B1}$  ebenfalls den Wert UB an. Die Sekundärspannung  $U_2$  sinkt während der Brenndauer  $t_{B1}$  um die Brennschlagspannung ab, die beispielsweise – 450 V beträgt. Die Ausgangsspannung  $U_3$  am Schaltungsausgang geht — nachdem die Kollektorspannung  $U_1$  kurze Zeit nach erfolgter Zündung ( $t_z$ ) die Komparatorschwelle  $U_{Komp}$  überschritten hat — während der gesamten Brenndauer  $t_{B1}$  von einem vorher definierten Ausgangs-Logikpegel in den komplementären Logikpegel über; in der Fig. 3 ist dies beispielsweise für den Übergang vom High-Pegel (H) in den Low-Pegel (L) gezeigt. Nach Ende der Brenndauer  $t_{B1}$  wird wieder der ursprüngliche Logikpegel — in Fig. 3 der High-Pegel (H) — angenommen.

Das Steuergerät — beispielsweise ein Mikroprozessor — bestimmt die Zeitdauer zwischen den beiden Schaltflanken der Ausgangsspannung  $U_3$  — dies ist die tatsächliche Brenndauer  $t_{B1}$  — und vergleicht sie mit einem Brenndauer-Sollwert  $t_2$ :

— Ist die gemessene Brenndauer  $t_{B1}$  gleich groß

wie der Sollwert  $t_2$ , der durch das Steuergerät abhängig von den Betriebsbedingungen des Fahrzeugs vorgegeben wird, ist das Zündsystem in Ordnung (Fig. 3).

— Ist die gemessene Brenndauer  $t_{Br}$  wesentlich kleiner als der Sollwert  $t_2$  (gemäß Fig. 4 ist dies für die Zeit  $t_1$  dargestellt), aber ungleich Null, hat auf der Primärseite der Zündspule ein Induktionsvorgang stattgefunden. Daraus kann geschlossen werden, daß die Endstufen-Transistoren und die Spulen auf der Primärseite prinzipiell funktionsfähig sind; es kann dann beispielsweise ein Defekt im Sekundärkreis der Zündspule (Kurzschluß oder Leerlauf) vorliegen.

— Ist die gemessene Brenndauer  $t_{Br}$  dagegen Null, hat auf der Primärseite der Zündspule kein Induktionsvorgang stattgefunden. Dies deutet darauf hin, daß der Primärkreis oder die Auswerteschaltung defekt sind.

— Ist die gemessene Brenndauer  $t_{Br}$  wesentlich größer als der Sollwert  $t_2$  (gemäß Fig. 4 ist dies für die Zeit  $t_3$  dargestellt), muß ein Defekt in der Auswerteschaltung vorliegen.

Anstatt die Brenndauer analog zu bestimmen und mit einem Sollwert zu vergleichen, können alternativ digitale Abfragen des Logikpegels des Ausgangssignals, beispielsweise zu den Zeitpunkten  $t_1$ ,  $t_2$  und  $t_3$ , vorgenommen und anhand dieser Abfrage Rückschlüsse auf die Brenndauer bzw. den Zündverlauf gezogen werden.

Durch die Erfassung und Auswertung der Brenndauer  $t_{Br}$  mit Hilfe der Auswerteschaltung und des Steuergeräts kann auf den Zustand des Zündsystems geschlossen und gegebenenfalls in den Zündvorgang eingegriffen werden und somit eine gewisse Diagnosefähigkeit erreicht werden.

Insbesondere kann unterschieden werden, ob eine Zündung erfolgt ist und/oder ob die Schaltung bzw. Schaltungsteile/Schaltungszweige defekt sind; mit Hilfe des Steuergeräts können die Defekte den einzelnen Zylindern bzw. Zylinderpaaren zugeordnet werden. Im Fehlerfall kann beispielsweise beim zugeordneten Zylinder bzw. Zylinderpaar durch Abschaltung des jeweiligen Einspritzventils die Kraftstoffzufuhr unterbrochen werden und/oder der Fehler — beispielsweise mittels einer Warnlampe — angezeigt werden und/oder für spätere Diagnosezwecke abgespeichert werden.

Des weiteren ist es denkbar, die Brenndauer mit Hilfe einer Energiesteuerung zu beeinflussen; dazu wird in Abhängigkeit des Motor-Arbeitspunktes eine optimale Brenndauer als Sollwert vorgegeben, mit dem momentanen Istwert verglichen und dieser bei einer Abweichung entsprechend eingeregelt.

2. Zündsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteschaltung einen Komparator enthält, der die Spannung auf der Primärseite der Zündspule mit einer Schwellspannung vergleicht, die sich mit der Betriebsspannung des Fahrzeugs verändert, und daß am Ausgang der Auswerteschaltung ein Logik-Signal ausgegeben und vom Steuergerät verarbeitet wird.

3. Zündsystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß am ersten Eingang ( $E_1$ ) des Komparators der Auswerteschaltung eine Spannung anliegt, die mittels eines Spannungsteilers und Filters von der Kollektorspannung ( $U_1$ ) des Schalttransistors ( $T_1$ ,  $T_2$ ) abgeleitet wird, daß am zweiten Eingang ( $E_2$ ) des Komparators eine Spannung ( $U_{Komp}$ ) anliegt, die mittels eines Spannungsteilers von der Betriebsspannung ( $U_B$ ) abgeleitet wird, wobei während der Brenndauer ( $t_{Br}$ ) die Spannung ( $U_1$ ) am ersten Eingang ( $E_1$ ) des Komparators größer als die Spannung ( $U_{Komp}$ ) am zweiten Eingang ( $E_2$ ) des Komparators ist, und daß sich der Logik-Pegel am Ausgang der Auswerteschaltung ändert, wenn die Spannung an einem Eingang des Komparators die des anderen Eingangs überschreitet.

4. Zündsystem nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß für jede Zündspule ( $Sp1$ ,  $Sp2$ ) ein Spannungsteiler (Teiler 1, Teiler 2) in der Auswerteschaltung vorgesehen ist (Fig. 2a).

5. Zündsystem nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß für alle Zündspulen ( $Sp1$ ,  $Sp2$ ) ein gemeinsamer Spannungsteiler in der Auswerteschaltung vorgesehen ist (Fig. 2b).

6. Zündsystem nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Spannungsteiler (Teiler 1, Teiler 2,  $U_B$ -Teiler) der Auswerteschaltung aus Widerstandsteilern ( $R_1 - R_6$ ) bestehen und daß das Filter als RC-Filter ( $R_7$ ,  $C_1$ ) aufgebaut ist.

7. Zündsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuergerät die Zeit zwischen zwei Änderungen des Logik-Pegels des Ausgangssignals ( $U_3$ ) erfaßt und dadurch die Brenndauer ( $t_{Br}$ ) analog bestimmt.

8. Zündsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuergerät den Logik-Pegel des Ausgangssignals ( $U_3$ ) der Auswerteschaltung zu verschiedenen Zeitpunkten digital erfaßt und dadurch die Brenndauer ( $t_{Br}$ ) digital bestimmt.

9. Verwendung eines Zündsystems nach einem der Ansprüche 1 bis 8 als Indikator für Zündungsdefekte und zur Zündenergieregulierung.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

#### Patentansprüche

1. Elektronisches Zündsystem, mit einem Steuergerät, das die Zündzeitpunkte der einzelnen Zylinder vorgibt, einer Zündspule und einer Endstufe mit Schalttransistoren zur Ansteuerung der Zündspule, dadurch gekennzeichnet, daß die Endstufe eine Auswerteschaltung enthält, die den zeitlichen Verlauf der Spannung auf der Primärseite der Zündspule erfaßt, daß in Abhängigkeit dieses Spannungsverlaufs ein Signal ( $U_3$ ) am Ausgang der Auswerteschaltung ausgegeben wird, und daß mit diesem Signal ( $U_3$ ) die Brenndauer ( $t_{Br}$ ) der Zündkerzen bestimmt wird.

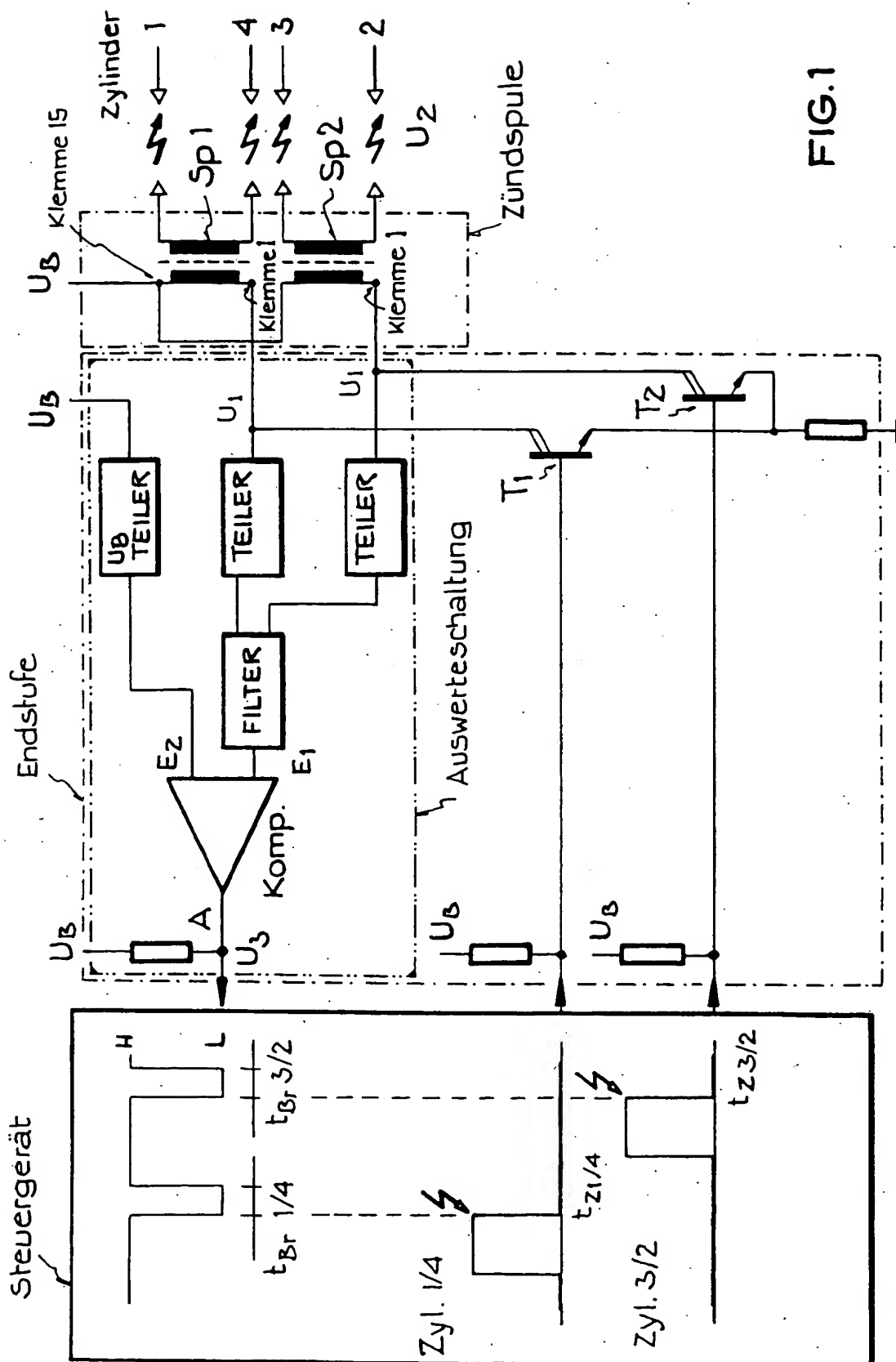


FIG.1

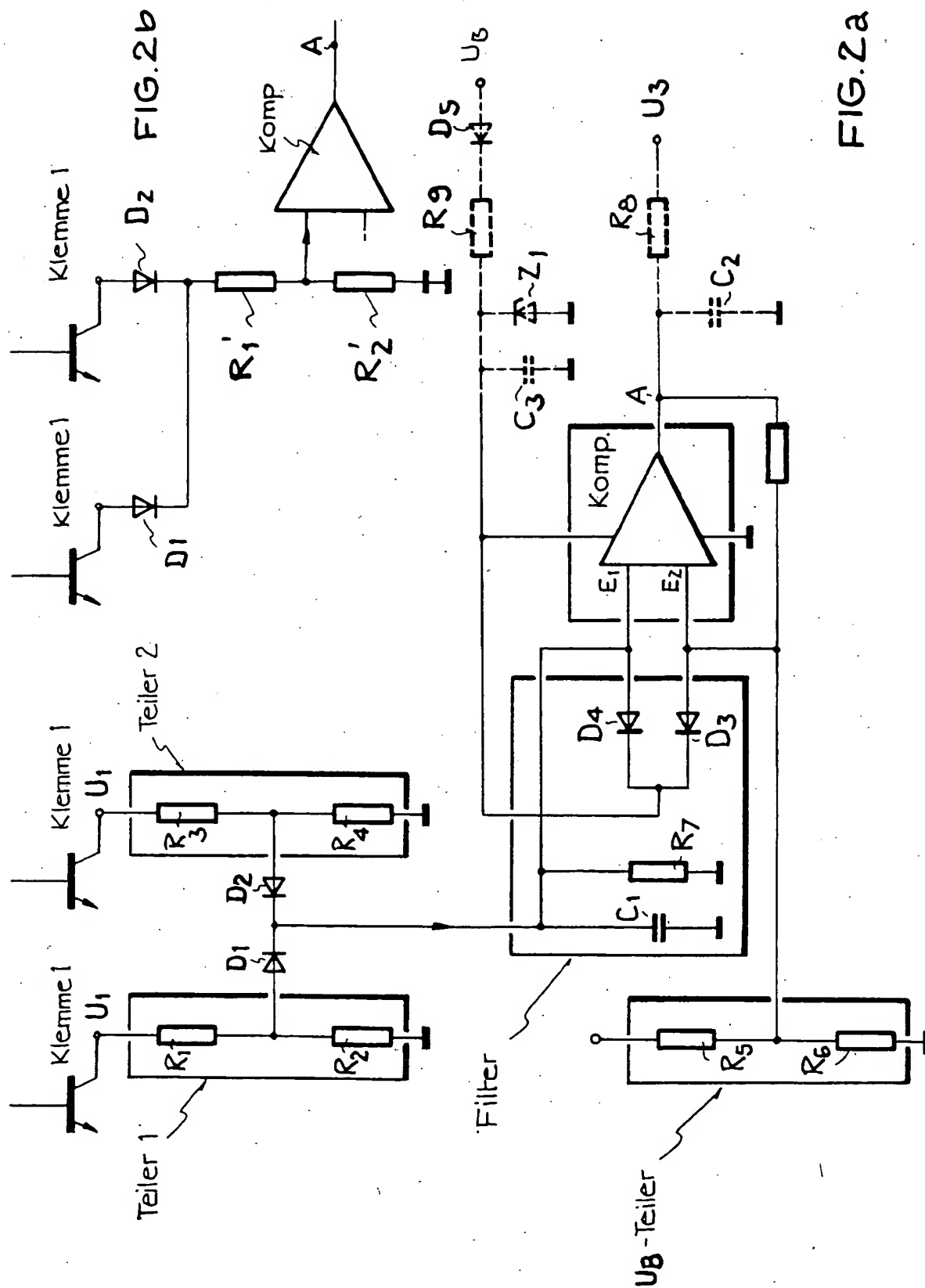


FIG. 2a

FIG. 3

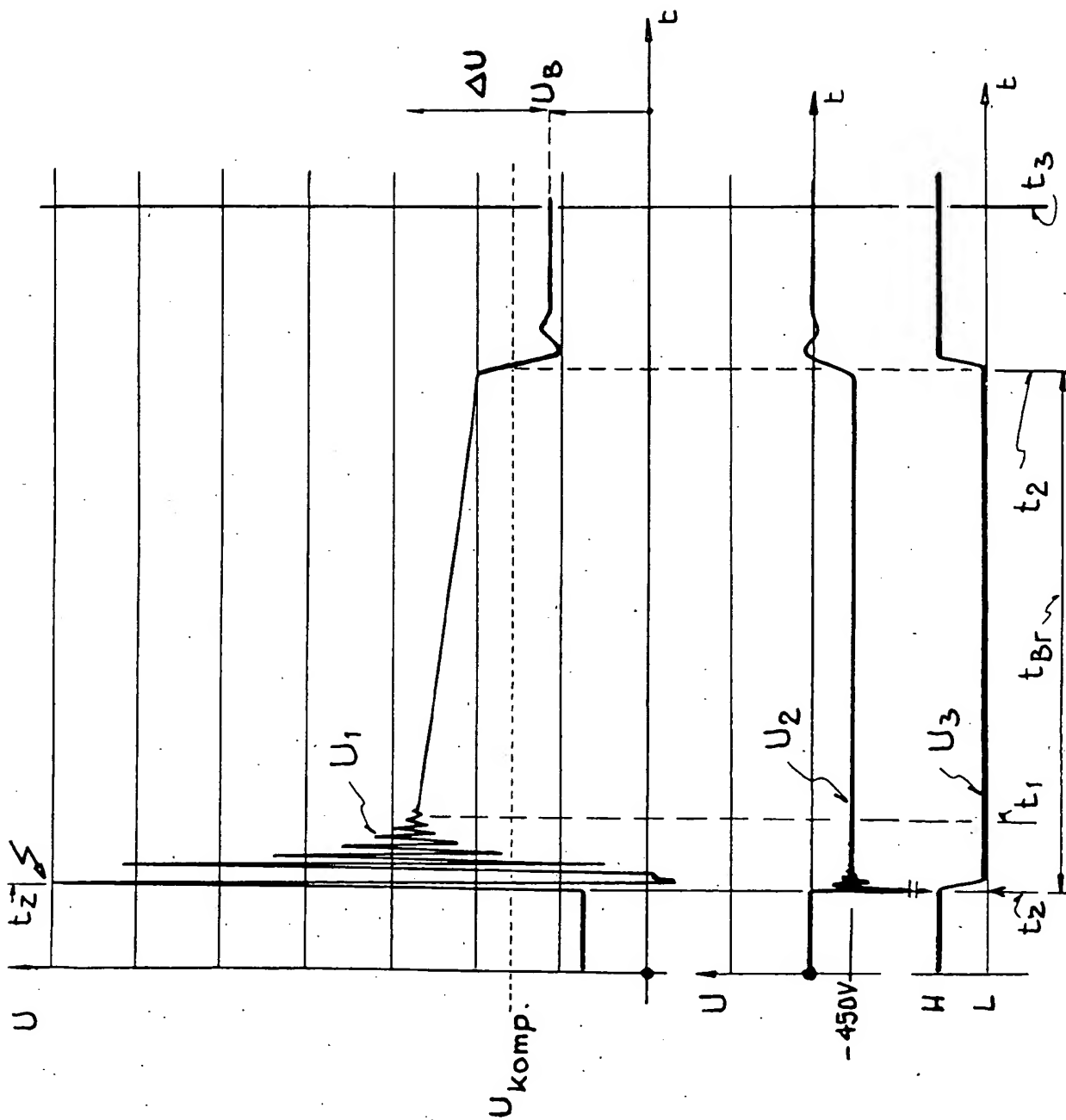


FIG. 4

